

Викладено принципи створення навчальної лабораторії для вивчення дисципліни "Світлотехнічні установки та системи".

УДК628 (045)

Т.І. Яремич, ас.  
Національний авіаційний  
університет

## ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «СВІТЛОТЕХНІЧНІ УСТАНОВКИ ТА СИСТЕМИ»

**Вступ.** Центральне місце в проектуванні освітлювальних установок займає світлотехнічний розрахунок, що дозволяє визначити нормовані характеристики і якісні показники установки. Основні теоретичні знання та практичні уміння з цього майбутній фахівець отримує вивчаючи дисципліну "Світлотехнічні установки та системи", що в свою чергу відображалось у відповідному наповненні змісту навчальної дисципліни.

До останнього часу методологія світлотехнічного розрахунку освітлювальних установок передбачала проведення обчислювальних процедур що базувалася на технології ручної праці із застосування найпростіших обчислювальних засобів доступних проектувальнику. З метою полегшення праці проектувальника були розроблені спрощені (інженерні) методи розрахунку, що базуються на використанні розрахункових таблиць, графіків і номограм, а також па типізації і аналітичної апроксимації кривих сил світла світлових приладів. Це дало можливість за прийнятний час одержувати оцінку параметрів, що розраховуються.

Проектувальнику були доступні численні матеріали для проектування освітлювальних установок та дані стосовно світлових приладів і джерел світла, що подавалися у відповідній формі виробниками світлотехнічної продукції і узагальнювалися у довідковій літературі.

Відповідно до кінцевої мети світлотехнічного проекту, а саме визначення типу, потужності, кількості, місця розташування і орієнтації світлових приладів, при яких забезпечуються нормативні світлотехнічні вимоги до даної освітлювальної установки розроблялася тематика практичних, лабораторних занять і курсового проектування з вище згаданої дисципліни. Узагальнюючи тематику цих навчальних занять можна стверджувати, що вона переслідувала мету розвинути у майбутніх фахівців навички розрахунку нормованого показника (наприклад, освітленості) при вибраних параметрах освітлювальної установки. Потім повинен шляхом неодноразового перебору початкових параметрів, а саме кількості, розташування, типу і потужності освітлювальних приладів, майбутній фахівець повинен уміти знаходити їх оптимальні значення, при яких розрахункове значення нормованого параметра задовольняє нормативним вимогам.

**Постановка задачі.** Нині можна вважати практично завершеним перехід від ручної технології розрахунку до комп'ютерної. Зараз на ринку програмного забезпечення є спеціалізовані світлотехнічні програми які, крім іншого, дозволяють одержувати на екрані монітора близькі до реальності зображення проєктованих освітлювальних установок. Перш за все це відомі програм Europic, DiaLux, Light-in-Night, Landscape та інші. Праця проектувальника корінним чином змінилася. По суті, став непотрібним етап проведення ручного світлотехнічного розрахунку - самої трудомісткої і виснажливої процедури. Це дає проектувальнику можливість зосередитися на творчій

стороні проектування - пошуку якнайкращого варіанту освітлювальної установки. Робота проектувальника стала більш творчою.

Застосування потужної обчислювальної техніки зробило непотрібним спрощення основних розрахункових алгоритмів і початкових даних. Завдання на проектування ставиться в найбільш загальному вигляді. Сучасні розрахункові алгоритми базуються на складних математичних методах, що використовують векторно-матричний апарат. Вони дозволяють достатньо адекватно описати складні процеси перенесення випромінювання в конкретному просторі з урахуванням факторів затінення і багаторазового перевідбивання. Крім, того для опису світлорозподілу світлових приладів немає необхідності здійснювати аналітичну апроксимацію кривої сили світла. Відомо, що остання операція вносить додаткову похибку у кінцевий результат.

Зрозуміло, що все це вимагає від майбутнього фахівця-світлотехніка знання не тільки загальної методології світлотехнічних розрахунків, але і спеціальних математичних методів, а також технології комп'ютерної графіки. Тобто наповнення навчальної програми з курсу "Світлотехнічні установки і системи" повинно бути орієнтоване не на ручну, а на комп'ютерну технологію світлотехнічного розрахунку. Тому на практичних і лабораторних заняттях з дисципліни повинні розглядатися базисні методи і розрахункові алгоритми, які покладені в основу сучасних світлотехнічних комп'ютерних програм.

**Результати роботи.** У зв'язку зі змінами, що відбулися у методології світлотехнічних розрахунків пропонуються відповідні зміни у тематиці лекційних практичних і лабораторних робіт зі згаданого курсу. Перш за все методи розрахунку, що вивчаються в рамках дисципліни слід умовно розділити на спрощені і складні.

Спрощені методи мають ґрунтуються на ряді обмежень і допущень. До них відносяться:

- використання точкової моделі джерела світла;
- ламбертовський характер відбивання світла від навколишніх поверхонь;
- рівномірність розподілу світла по відбиваючій поверхні;
- відсутність елементів, що затіняють.

До спрощених методів розрахунку відносяться такі відомі методи як точковий метод і метод коефіцієнта використання.

Точковий метод не тільки широко застосовувався при ручній технології розрахунку, але завдяки своїй універсальності, використовується і в сучасних світлотехнічних програмах як для функціональних видів освітлення (прожекторне, дорожнє, спортивне і ін.), так і як один з компонентів загальних методів розрахунку освітлення. Основою цього методу є точкове представлення випромінювача, критерієм чого виступає відношення відстані між світловим центром випромінювача і розрахунковою точкою до максимального розміру поверхні, що світить у світловому приладі. Відомо, що для практичних розрахунків це відношення має значення 5:1.

Крім точкового, в практиці спрощених світлотехнічних розрахунків широко використовуються поняття лінійного і поверхневого випромінювачів. Лінійний випромінювач - це такий випромінювач, у якого для одного з розмірів поверхні, що світить (довжина), не виконується вищезгаданий критерій точковості. При спрощеній технології розрахунку поняття лінійного випромінювача широко використовується при розрахунках освітленості як від одиночного світлового приладу, наприклад, світильника з люмінесцентними лампами на близькій відстані, так і від групи світлових приладів, встановлених в суцільну лінію, або в лінію з розривами. Як основна характеристика світлорозподілу такого випромінювача виступає питома (з одиниці довжини) крива сили світла. Питома крива сили світла одержується діленням реальної кривої сили світла світлового приладу або безпосередньо на його довжину, або на всю довжину

світлової лінії (у тому числі лінії з розривами).

Такий підхід дозволяє понизити трудомісткість розрахунку, але при цьому виникають важко оцінювані похибки, пов'язані з умовністю аналітичної апроксимації кривих сил світла реальних світлових приладів. СП з урахуванням розривів в лінії, неоднорідністю світлорозподілу по довжині світильника. Зрозуміло, що при комп'ютерній технології проблема трудомісткості розрахунку таких завдань знімається, і тому розрахунок від групи світлових приладів встановлених в лінію, здійснюється простим підсумовуванням освітленості від кожного.

Спрощені розрахунки поверхневих випромінювачів базуються на двох важливих допущеннях: випромінювання має ламбертовський характер і воно рівномірно розподілено по поверхні випромінювача.

Метод коефіцієнта використання теж відноситься до спрощених методів. У свій час він був одним з базових методів і широко застосовувався в проектній практиці для наближених оцінок при проектуванні освітлювальної установки. Метод призначений для розрахунку середньої освітленості на розрахунковій поверхні.

Головну проблему світлотехнічного проекту, а саме знаходження світловою потоку світлового приладу, що потрапила на розрахункову поверхню як безпосередньо, так і в результаті багатократних відбивань в освітлювальній установці спрощені методи не вирішують. Насамперед це пояснюється тим, що результат розрахунку залежить від великою числа чинників, кожний з яких має комплексний характер. До таких чинників відносяться:

- світлорозподіл світлового приладу; - розташування і орієнтація світлових приладів щодо розрахункової поверхні і відбиваючих поверхонь; - коефіцієнти відбивання навколишніх поверхонь; - геометрія приміщення.

Для моделювання складних сцен з урахуванням вказаних чинників і при цьому, як правило, з відображенням тривимірного реалістичного зображення освітлювальної установки призначені складні методи світлотехнічного розрахунку. Методи реалізовано завдяки бурхливому розвитку комп'ютерної техніки у напрямі підвищення швидкодії і об'єму пам'яті, появи кольорових великоформатних моніторів з високою роздільною здатністю. Це послужило поштовхом до появи нового напрямку - комп'ютерної графіки, що дозволила за допомогою математичних моделей досліджуваного об'єкту або процесу одержувати їх статичне або динамічне тривимірне кольорове зображення, що сприймається близько до реального прототипу. На базі сучасних математичних методів була створена теоретична база і розроблені комп'ютерні графічні програми - програми реалістичної візуалізації назви деяких з них було наведено вище.

З огляду на вищевказане, на базі аудиторії був створений лабораторний комплекс для вивчення дисципліни "Світлотехнічні установки та системи" (рис.1). Основою комплексу є світлотехнічна установка, що складається з 20-ти "точкових" світильників (двох типів) з лампами розжарення 16-ти світильників (двох типів) з люмінесцентними лампами, одного растрового світильника на 4 люмінесцентні лампи. Кожен з зазначених світильників може вмикатися окремо. Критерієм підбору світильників була вимога до кривої сили світла. Остання повинна відповідати стандартній косинусній кривій, як для "точкових" так і для растрового світильника. Для світильників з люмінесцентними лампами косинусній кривій відповідає поперечний переріз фотометричного тіла. Згадана форма кривої сили світла спрощує її апроксимацію при спрощених розрахунках освітлювальної установки. Вікно лабораторії може перекриватися світлонепроникною шторою. Крім того, по периметру приміщення встановлені легко розсувні штори з чорної тканини. До складу лабораторного обладнання входять цифровий люксметр MS6610, Графічний люксметр ЛГ05,

п'ять персональних комп'ютерів зі встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням та розсувна монтажна драбинка.



Рис.1. Лабораторний комплекс для вивчення дисципліни "Світлотехнічні установки та системи"

Як видно з рис.1, світильники розташовано таким чином, що дозволяють досліджувати освітленості від точкових джерел світла, від світлових ліній, від світлових ліній з розривами, від світлових поверхонь а також різноманітних поєднань цих світлових приладів. Комплекс дозволяє дослідити розподіл освітленості від згаданих типів світильників у ближній і дальній зонах. Тобто комплекс дозволяє здійснити розрахунок освітлювальної установки спрощеними та складними (за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення) методами і порівняти отримані результати з результатами натурних вимірювань за допомогою люксометрів.

Крім того, для конкретних змодельованих освітлювальних установок визначаються:

- мінімальна освітленість  $E$  на робочій поверхні;
- показник нерівномірності освітленості;
- показник засліпленої  $P$  або дискомфорту  $M$ ;
- коефіцієнт пульсації освітленості  $K_p$ ;
- циліндрична освітленість  $E_c$ .

### Висновки

1. Перехід від ручних методів розрахунків освітлювальних установок до комп'ютерних вимагає відповідних змін у наповненні змісту навчальної дисципліни "Світлотехнічні установки і системи"

2. Вивчення спрощених методів розрахунку повинні бути доповнені вивченням складних методів з застосуванням сучасної обчислювальної техніки і спеціалізованого програмного забезпечення.

3. Запропонований склад лабораторного комплексу для вивчення дисципліни "Світлотехнічні установки та системи" дозволяє реалізувати вивчення спрощених та складних методів розрахунку реальних освітлювальних установок на лабораторних і практичних заняттях.

---

## ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ»

Т.И. Яремич

*Изложены принципы создания лаборатории для изучения дисциплины "Светотехнические установки и системы".*

## LABORATORY COMPLEX FOR STUDYING DISCIPLINE « LIGHTING INSTALLATIONS AND SYSTEMS »

T.I. Jaremich